

Kometensimulation

Schneebälle mit Schweif

„Und siehe, der Stern, den sie im Morgenland gesehen hatten, ging vor ihnen her, bis er über dem Ort stand, wo das Kindlein war (Mt. 2,9).“ Auch wenn die adventlichen Dekorationen in den Fußgängerzonen uns das so vermitteln möchten: Sehr wahrscheinlich war der „Stern von Bethlehem“ kein Komet. Außerdem ist ein Komet überhaupt kein Stern. Aber interessiert waren die Menschen an Kometen schon seit Jahrtausenden. Kometen in Erdnähe kann man schließlich nicht übersehen...

Wir werden in diesem Experiment versuchen, mehr über Kometen zu erfahren, indem wir eine künstliche Kometenmasse herstellen und diese in einer Simulationskammer beobachten. Ähnliche Experimente wurden im DLR zur Vorbereitung für Missionen zu „richtigen“ Kometen durchgeführt.

Vom Schreckensboten zum Forschungsgegenstand

Schon in früheren Zeiten wurden die Menschen von Kometen gefesselt, wie wir aus vielen Dokumenten und Darstellungen wissen. Das Wort "Komet" (griechisch *κομήτης*) bedeutet Haar- oder Schweifstern. Kometen galten als Boten besonderer Ereignisse. So sollen Niederlage und Tod des englischen Königs Harold im Jahr 1066 durch das Erscheinen des Kometen Halley



Darstellung des Halleyschen Kometen auf dem Teppich von Bayeux, um 1070.

angekündigt worden sein. Das Ereignis wurde auf dem Teppich von Bayeux festgehalten.

Etwa 230 Jahre später diente der Halley'sche Komet dem Maler Giotto di Bondone als Modell für sein Bild „Anbetung der Könige“ in der Scrovegni Kapelle in Padua. Wenn ihr den Halley'schen Komet beobachten wollt, müsst ihr bis 2061 warten.



Anbetung der Könige, Giotto di Bondone, Padua, 1303

Eine erste wissenschaftliche Darstellung der Position eines Kometen zusammen mit der jeweiligen Stellung der Sonne findet sich auf einem 1531 gedruckten Kalender von Peter Bienewitz, der sich Apianus nannte. Apianus stellt hier am Halley'schen Kometen seine Beobachtung dar, dass der Schweif des Kometen stets von der Sonne weggerichtet ist.

Die wissenschaftliche Erklärung für dieses Phänomen lieferte erst 400 Jahre später L. Biermann. Er erklärte die Ausrichtung der Kometenschweife durch die Wirkung des schnellen Sonnenwindes (900 km/s). Die Sonne ist ein Stern, eine „Gaskugel“, die ständig Gasströme aus ihrer äußeren Atmosphäre in den Weltraum sendet,

den Sonnenwind. In der Nähe der Sonne werden aus dem Kometenkern Gasteilchen freigesetzt, die der Sonnenwind mit sich in die sonnenabgewandte Richtung zieht. Die Wechselwirkung zwischen dem Sonnenwind und dem Erdmagnetfeld ist übrigens für Polarlichter verantwortlich.



Peter Bienewitz, genannt Apianus: Passage des Kometen (Halley) mit der zugehörigen Stellung der Sonne (Landshut, 1531).



Der Komet Halley, fotografiert durch ein Großteleskop am 9. Januar 1986 (Mit freundlicher Genehmigung des Max-Planck-Instituts für Astronomie). Die Länge des Kometen beträgt einige hundert Millionen Kilometer. Der Kern ist jedoch ein nur 13 km großer Körper aus Mineralien und Eis.

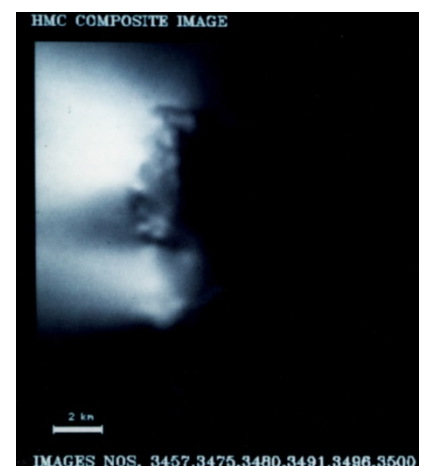
Schmutzige Schneebälle

Kometen entstanden vor etwa 4,5 Milliarden Jahren gleichzeitig mit unserem Sonnensystem. Schätzungsweise hundert Milliarden Kometen umgeben das Sonnensystem jenseits der Bahn des äußersten Planeten Neptun und bilden den sogenannten Kuiper Gürtel und die Oortsche Wolke. Manche Kometen verlassen aufgrund von Stößen untereinander oder beeinflusst von der Schwerkraft vorüberziehender, massereicher Objekte ihre "Parkposition" und stürzen auf die Sonne zu. Auf stark exzentrischen Bahnen bewegen sie sich dann um die Sonne – falls sie so weit kommen. Für einen Umlauf benötigen sie zwischen wenigen Jahren und vielen Jahrtausenden. Der

Halleysche Komet umrundet die Sonne in 76 Jahren.

Kometen verbringen die überwiegende Zeit ihrer Existenz ganz unspektakulär in tiefgefrorenem Zustand. Nur wenn sie nahe an der Sonne vorbeirasen werden sie aufgeheizt. Das Eis des Kometenkerns verdampft, Wasserdampf verlässt den Kern und reißt Staubteilchen mit sich: es bilden sich ein Gas- und ein Staubschweif. Diese Aktivität, das Ausgasen, beginnt und endet bei einer Entfernung zwischen Komet und Sonne von etwa 3 Astronomischen Einheiten (AE)¹.

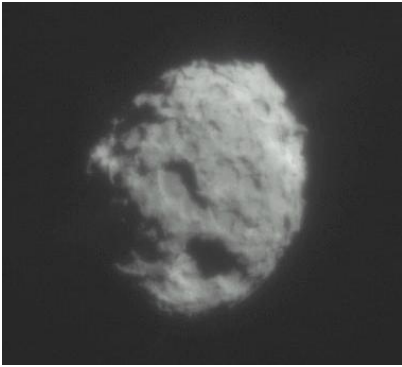
Je nach Zusammensetzung des Kometen bildet sich aus abgedampftem Gas und Staub eine Koma. Sie umgibt den Kometenkern annähernd kugelförmig. Es entsteht der charakteristische Schweif, der mehrere hundert Millionen Kilometer lang sein kann und den wir mit bloßem Auge von der Erde aus beobachten können.



Erste Bilder vom Kern des Kometen Halley, aufgenommen im März 1986 von der Raumsonde „GIOTTO“, aus weniger als 1000 km Abstand.

Der 1986 mit einer ganzen Flotte von Raumsonden angesteuerte Komet Halley bestätigte die Hypothese des amerikanischen Astrophysikers Fred Whipple, dass sich im riesigen Kometen ein vergleichsweise kleiner „schmutziger Schneeball“ (oder „eisiger Schmutzball“) verbirgt. Der Kern hat nur einen Durchmesser von wenigen Kilometern.

¹ eine AE ist der mittlere Abstand Erde – Sonne = 149,6 Mio. km



Komet Wild 2 (Durchmesser ca. 5 km), aufgenommen von der NASA-Sonde Stardust im Vorbeiflug am 2. Januar 2004 (Bild: NASA)

Im letzten Jahrzehnt erreichten neue Sonden, Stardust und Deep Impact, weitere Kometen und konnten Nahaufnahmen der Kerne zur Erde funken. Die Sonde Stardust konnte sogar Kometenstaub zur Erde schicken, der zurzeit in wissenschaftlichen Laboren untersucht wird.

Derzeit ist die europäische Sonde Rosetta auf dem Weg zum Kometen Churyumov-Gerasimenko, auf dem sie im Jahre 2014 den Kometenlander Philae absetzen soll. Bei dieser Mission soll die Entwicklung des Kometen auf seinem Weg um die Sonne beobachtet werden. Während eures Besuchs im DLR_School_Lab werdet ihr auch das Kontrollzentrum für Philae sehen.

Unser Experiment

Im DLR_School_Lab werden wir künstliche Kometenmasse herstellen und unter weltraumähnlichen Bedingungen in einer Druckkammer beobachten.

Achtung! Ihr werdet mit flüssigem Stickstoff arbeiten. Er ist extrem kalt (-196°C). Tragt während des Versuchs Schutzbrillen und Handschuhe!

Der Kontakt der Augen mit flüssigem Stickstoff kann zur Erblindung führen. Da sehr schnell Erfrierungen eintreten, darf auch die Haut nicht mit dem flüssigen Stickstoff in Berührung kommen!

Arbeitet nur unter Aufsicht und nach den Anweisungen der Betreuer! Haltet im eigenen Interesse die Sicherheitsbestimmungen ein. Sie dienen Eurem Schutz.

Künstliche Kometenmasse...

Als Ausgangsmaterial für unseren künstlichen Kometen dient eine wässrige Aufschlämmung aus 10 Gewichtsprozent Mineralien (Olivin) und 1 Gewichtsprozent Pigmentruß zur Schwarzfärbung.

Die Suspension wird in die Kometeneis-Sprühanlage gefüllt. Mit Hilfe von Druckluft wird das Gemisch über eine Düse zerstäubt und in flüssigen Stickstoff gesprüht. Die Flüssigkeit gefriert sofort und bildet Eispartikel mit der gewünschten krümeligen Konsistenz. Das Material, das aussieht wie schwarzer Schnee, wird mit einer großen Kelle aus dem Stickstoffbehälter entnommen und im DLR_School_Lab in den Probenhalter der Simulationskammer gefüllt.

Unter künstlichen Weltraumbedingungen

In der Simulationskammer werden - bezogen auf Wärme- und Lichteinstrahlung, Temperatur und Vakuum - die Bedingungen des Weltraums simuliert. Die Anziehungskraft der Erde können wir natürlich nicht beeinflussen. Die Kammer wird bis auf 0,4 mbar evakuiert und auf -50°C gekühlt. Nach dem Kippen der Kammer (Abb. nächste Seite) wird unser Bühnenscheinwerfer eingeschaltet, der

die Rolle der Sonne übernimmt. Die Lichtintensität können wir mit Hilfe einer mechanischen Blende verändern: Höhere Strahlungsintensität entspräche stärkerer Annäherung des Kometen an die Sonne.

Das Licht, das bei unserem Experiment auf die Oberfläche des Kometen fällt, ist etwa so hell wie das Licht der Sonne in Erdentfernung. Schaut darum nicht direkt in das Licht, sondern verwendet die bereitliegenden Schutzbrillen!

Das Experiment dauert einige Zeit. Es müssen sich daher drei Versuchsgruppen die Arbeit teilen. Ergebnisse sind meist erst nach der Mittagspause zu erwarten. Schaut Euch darum die Kometenmasse noch einmal an, bevor die dritte Gruppe die Probe wieder ausbaut, sonst verpasst ihr das Wichtigste!

Beobachtet die Kometenmasse:

- > Wie verändert sich die Oberfläche?
- > Lässt sich die Bildung eines Kometenschweifs erkennen?
- > Wenn ja: Was ist an diesem Schweif anders als ihr erwartet hättet? Warum ist das so?

Misst nach dem Ausbau die Härte der Kometenoberfläche.

- > Was hat sich verändert? Welche Folgen hat das für die Konstruktion eines Kometenlanders?



Der Komet Hale-Bopp 1997 (Bild: NASA)



Versuchskammer zur Kometensimulation im DLR_School_Lab Köln

...und dann sollten wir darüber diskutieren, wozu wir das eigentlich alles wissen wollen.



Am Ziel: Nach zehnjähriger Reise soll der Lander „Philae“ der Rosetta-Sonde im November 2014 auf dem Kometen Churyumov-Gerasimenko landen.

Literatur:

Möhlmann D., Kometen, C.H. Beck, 1997, ISBN 3406418635

Garlick, M.A., Der grosse Atlas des Universums, Franckh-Kosmos, 2011, ISBN-10-3440125750

Unsöld, B. Baschek, Der Neue Kosmos, Einführung in die Astronomie und Astrophysik, 7. Auflage, 2006, ISBN 9783540421771, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, NewYork.

Calder, N. Jenseits von Halley. Die Erforschung von Schweifsternen durch die Raumsonden GIOTTO und ROSETTA 1994, ISBN 3-540-57585-5, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.

Brandt, J.C., R.C. Chapman, Rendezvous im Weltraum Die Erforschung der Kometen, Birkhäuser Verlag Basel Boston Berlin, 1994, ISBN 3-7643-2920-2.

de Pater, I., J.J. Lissauer, Planetary Sciences, Cambridge University Press, 2010, ISBN 9780521853712.

Schulz R. (Editor) et al. ROSETTA, ESA's Mission to the Origin of the Solar System, Springer, New York, 2009, ISBN 978-0-387-77517-3

Whipple, F.L. The Mystery of Comets, Cambridge University Press, Cambridge,

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr, Digitalisierung und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 20 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Göttingen, Hamburg, Jena, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

DLR Köln

Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr, Energie und Sicherheit sind die Forschungsfelder, die im DLR Köln in neun Forschungseinrichtungen bearbeitet werden. Das Rückgrat der Forschung und Entwicklung bilden Großversuchsanlagen, wie Windkanäle, Triebwerks- und Materialprüfstände und ein Hochflusssdichtesonnenofen. Auf dem 55 Hektar großen Gelände ist neben den Forschungs- und Zentraleinrichtungen des DLR auch das Astronautenzentrum EAC der Europäischen Weltraumbehörde ESA angesiedelt. Das DLR beschäftigt in Köln-Porz rund 1.400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

DLR_School_Lab Köln
Linder Höhe
51147 Köln

Leitung: Dr. Richard Bräucker
Telefon: 02203 601-3093
Telefax: 02203 601-13093

Hinweise zum Experiment:

Jahrgangsstufe: 9 bis 13
Gruppengröße: 5 bis 6
Dauer: 50 Minuten
Inhaltlicher Bezug:
Astronomie
Physik

E-Mail: schoollab-koeln@dlr.de
Internet: www.DLR.de/dlrschoollab